

Laserkeilauksen hyödyntäminen inventointimallin valmistuksessa

Mika Roivas

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Roivas, Mika	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 29.4.2014
	Sivumäärä 41	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi Laserkeilauksen hyödyntäminen inventointimallin valmistuksessa		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) Korpinen, Jussi		
Toimeksiantaja(t) ProSolve Oy, Mikko Lahtinen		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Korjausrakentamisen määrä on Suomessa koko ajan nousussa. Tietomallinnuksen tuomat hyödyt on huomattu myös korjausrakentamisen saralla. Suurissa kohteissa tietomallin tuoma tehokkuus ja virheiden määrän pieneneminen ovat lisänneet sen käyttöä. Laadittaessa tietomalli korjattavaan kohteeseen tarvitaan suuri määrä lähtötietoa. Laserkeilaus on havaittu toimivaksi tavaksi tuottaa mittatarkkaa aineistoa inventointimallin valmistukseen.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia laserkeilauksen hyödyntämistä kiinteistön inventointimallin laatimisessa. Tavoitteena oli tutkia, miten laserkeilausmateriaali toimii mallinnuksen apuna ja mitä asioita siinä tulee ottaa huomioon. Lisäksi työssä pohdittiin inventointimallin tuomia hyötyjä ja käytön rajoituksia korjausrakentamisessa.</p> <p>Laserkeilausta on alettu käyttää viime vuosin kiinteistöjen mittauksissa. Nopeus ja tarkkuus ovat lisänneet sen suosiota. Laserkeilain muodostaa mitatuista pisteistä pistepilven. Pistepilvi on kolmiulotteista mittatietoa, jonka pohjalta mallinnusta voidaan tehdä.</p> <p>Opinnäytetyössä tehtiin inventointimalli Vesangan koulusta. Koulu mitattiin laserkeilainta käyttäen. Kohteesta muodostettiin pistepilvi, jonka pohjalta inventointimalli luotiin Revit architecture ohjelmaa käyttäen.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Inventointimalli, tietomalli, pistepilvi		
Muut tiedot		



Author(s) ROIVAS, Mika	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 29.4.2014
	Pages 41	Language English
		Permission for web publication (X)
Title Creating As-Built model using laserscanning		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) KORPINEN, Jussi		
Assigned by ProSolve Oy LAHTINEN, Mikko		
<p>Abstract</p> <p>The volume of renovations in Finland is increasing all the time. Benefits of Building Information Modeling in renovation projects have been noticed lately. In large projects Building Information Model brings efficiency and lowers the amount of flaws. To create Building Information Model to an existing building a large amount of background information is needed. Laser scanning have been found to be a good way to produce dimensional accuracy info for an As-Built model.</p> <p>The aim of this thesis was to study how to create an As-Built model of an existing building using laser scanning. It was also studied how to use the data gained from laser scanning in the modeling process and what issues need to be considered here.</p> <p>Laser scanning has been started to use to measure buildings in recent years. Speed and accuracy have increased the volume of using laser scanning. Laser scanner creates a point cloud from several measured points. The point cloud presents 3-dimensional measurement data and could be used for creating an As-Built model.</p> <p>In this thesis an elementary school was measured using laser scanning and a usable point cloud for modeling was produced. An As-Built model using Revit architecture for the above mentioned building was created.</p>		
Keywords As-build model, laser scanning, pointcloud		
Miscellaneous		

Sisältö

1.	Työn lähtökohdat.....	3
2.	Tietomalli.....	4
2.1.	Yleistä	4
2.2.	Korjausrakentaminen ja tietomalli.....	4
2.3.	Lähtötilanteen mallinnus ja mallinnuksen vaiheet	5
2.3.1.	Vaatimusmalli	6
2.3.2.	Inventointimalli	7
2.3.3.	Tilamalli.....	7
2.3.4.	Alustava rakennusosamalli	8
2.3.5.	Rakennusosamalli.....	9
2.3.6.	Tuoteosamalli	9
2.3.7.	Yhdistelmämalli	9
2.3.8.	Ylläpitomalli	10
2.4.	Tietomallin hyödyt.....	10
2.5.	Käytön rajoitukset.....	11
3.	Mallinnus.....	12
3.1.	Yleiset tietomallivaatimukset	12
3.2.	Lähtötilanteen mallinnus	13
3.3.	Mitä ja miten mallinnetaan.....	13
3.4.	Mallin tarkkuus ja tarkkuustasot.....	14
3.5.	ICF ja tiedonsiirto	15
4.	Laserkeilaus	16
4.1.	Yleistä	16
4.2.	Käyttökohteet.....	18
4.3.	Laserkeilauksen vaiheet	19

4.4.	Pistepilvi ja sen käsittely	21
4.5.	Mittaustulosten hyödyntäminen	22
5.	Kohteen mittaus ja mallinnus.....	23
5.1.	Kohteen esittely	23
5.2.	Mittauksen suunnittelu	24
5.3.	Mittauksen toteutus.....	24
5.4.	Mittaus faro laittella	25
5.5.	Pistepilven tuottaminen ja käsittely	25
5.6.	Aineiston siirto ja muokkaus	25
5.7.	Pistepilven tarkastelu	28
5.8.	Pistepilven siirto mallinnusohjelmaan	28
6.	Kohteen mallintaminen.....	29
6.1.	Yleistä	29
6.2.	Perustukset ja alapohjat.....	30
6.3.	Runko	30
6.4.	Ulko- ja väliseinät	31
6.5.	Ikkunat ja ovet	32
6.6.	Ylä- ja välipohjat	34
6.7.	Kotelot.....	35
6.8.	Vesikalusteet.....	35
6.9.	Tilat	35
7.	Tulokset ja pohdinta	36
7.1.	Yleisen tietomallivaatimukset	38
7.2.	Laserkeilauksen hyödynnettävyys	38
Lähteet	40

1. Työn lähtökohdat

Opinnäytetyön toimeksiantaja on ProSolve Oy. ProSolve Oy on vuonna 2004 perustettu, Jyväskyläläinen insinööritoimisto. Yrityksellä on kaksi toimipistettä: pääpiste Jyväskylässä ja sivutoimipiste Kotkassa. Yritys jakautuu kolmeen päätoimialueeseen: konesuunnittelu, 3d-skannauspalvelut ja kiinteistöpalvelut. Työntekijöitä on noin 25.

Tietomalli on rakennuksen kolmiulotteinen malli, johon on sisällytetty tietoa. Tietomallinnusta käytetään nykyään laajalti uudisrakentamisessa. Mallin avulla hankkeen läpivienti tehostuu. Virheiden määrä yleensä vähenee, ja rakennuksen havainnollistaminen eri osapuolille jo hankkeen alkuvaiheessa helpottuu. Viime vuosina tietomallinnuksen hyödyt on huomattu myös korjausrakentamisen puolella, mikä on lisännyt tietomallinnuksen määrää korjattavissa kohteissa.

Tietomallin pohjaksi korjattavassa kohteessa tarvitaan mittatarkkaa aineistoa 3d-mallin luomiseen. Laserkeilaus on nostanut suosiota mittausmenetelmänä sen nopeuden ja tarkkuuden vuoksi. Laserkeilausta on käytetty jo 1990-luvulla koneteollisuudessa, mutta vasta viime vuosina se on rantautunut rakentamisen puolelle. Laserkeilain mittaa ympäristöstään miljoonia pisteitä. Pistejoukkoa kutsutaan pistepilveksi.

Työn tarkoituksena oli tutkia pistepilven tuottamista ja sen jatkokäyttöä korjausrakentamisessa ja mallintamisen pohjana. Mallinnusohjelmanä toimi Revit architecture. Työssä tutkittiin, kuinka eri rakennusosien mallinnus onnistui kyseisellä ohjelmalla laserkeilausaineiston pohjalta, ja miten se soveltuu kokonaisuudessa inventointimallin tekoon.

Työssä mitattiin laserkeilaimella esimerkkikohde ja tehtiin siitä inventointimalli. Kohdeksi valikoitui Vesangan koulu, joka mitattiin 25.2.2014. Kohde on melko laaja opinnäytetyötä ajatelleen ja se vaati aikaa mallinnukselta odotettua enemmän.

2. Tietomalli

2.1. Yleistä

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuksen kolmiulotteista mallia, johon on sisällytetty rakennushankkeessa tarvittavaa tietoa erilaisten tietomalliohjelmien avulla. Koneteollisuudessa tietomallintamista on käytetty jo vuosikymmeniä, mutta vasta viime vuosina rakennusala on siirtynyt sen laajamuotoisempaan käyttöön. Tietomalli perustuu malliin lisättäviin objekteihin ja niiden tietosisältöön. Oikean geometrian lisäksi kappale omaa tietoa esimerkiksi sen tyypistä (pilari, palkki jne.), materiaalista, ominaisuuksista, määristä jne. Tietomallin avulla tiedonsiirto eri osapuolten välillä tapahtuu luotettavammin ja monikäyttöisemmin verrattuna perinteisiin menetelmiin.

(Haavisto, I. 2013)

Ideaalinen tietomallin käyttö alkaa suunnittelusta, ja sen käyttö jatkuu aina rakennuksen elinkaaren loppuun asti. Tietomalliin lisätään tietoa rakennusprojektin edetessä, jolloin kaikilla osapuolilla on aina sama päivitetty tieto käytettävissä. Tietomallipohjaisen suunnittelun tavoitteena on parantaa suunnitteluprosessia ja lopputuotteen laatua. Lisäksi erilaisten suunnitteluratkaisujen toimivuus voidaan todeta jo ennen rakentamista. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.2. Korjausrakentaminen ja tietomalli

Korjausrakentamisen osuus kasvaa suhteessa uudisrakentamiseen koko ajan. Sen volyymi on kasvanut kymmenen vuoden aikana noin 3–4 prosentin vuosivauhtia. Korjausrakentaminen ja siihen liittyvät hyödykkeet tarjosivat töitä noin 90 000 työtuntia (vuonna 2000). Suuri osa rakennuskannastamme on rakennettu vuosina 1970–1990,

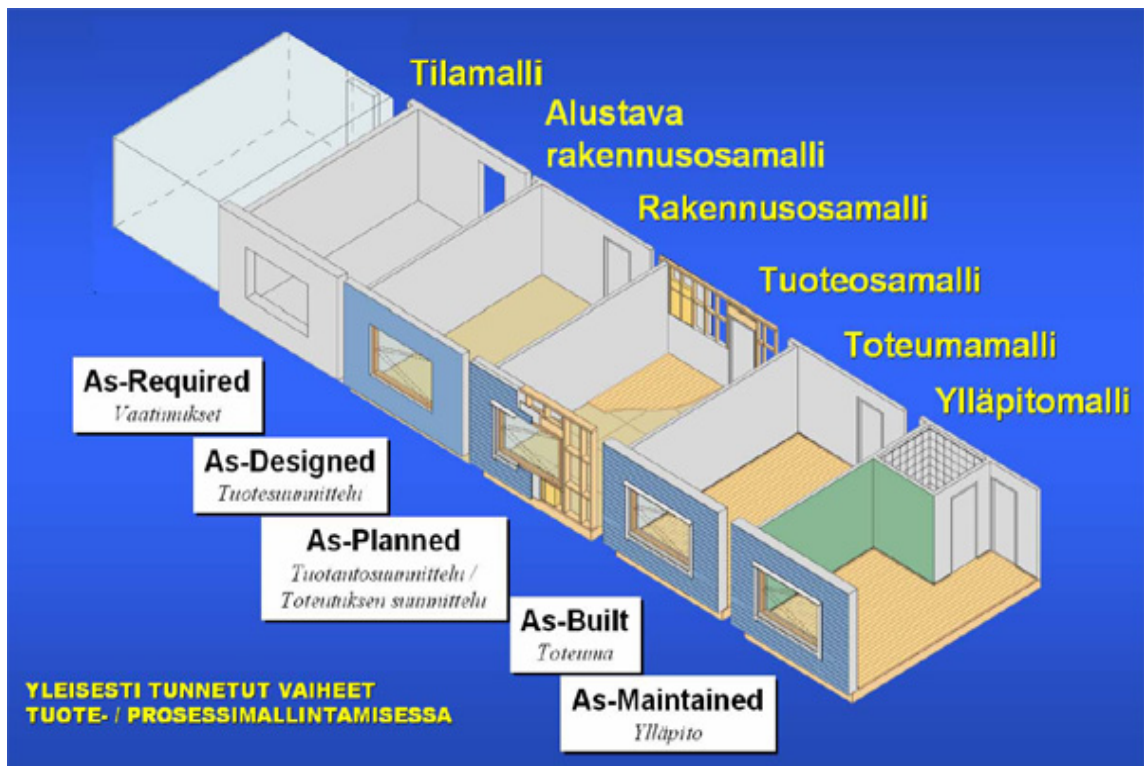
jolloin muuttopaine maalta kaupunkiin oli kova. Nämä rakennukset ovat elinkaarensa siinä vaiheessa, että ne vaativat peruskorjausta. (Vainio, Jaakkola, Nippala ja Lehtinen 2012.)

Korjausrakentamisen kehityksen suuri askel viimevuosina on tietomallipohjaisen suunnittelun ja rakentamisen yleistyminen. Tietotekniikan käyttö korjausrakentamiskohteissa on ollut melko vähäistä, ja yhtenäisiä toimintamalleja suunnitteluun ja lähtötietojen keräykseen ei juuri ole. Tietomallit ovat tällä hetkellä keskittyneet pääosin uudisrakennuskohteisiin, mutta myös korjausrakentamisessa tietomallista saatavat hyödyt ja edut ovat varmasti tervetulleita. Tietomallipohjaisen rakennusprojektin paras lopputulos saadaan, kun kaikki osapuolet käyttävät mallipohjaista suunnittelua. Tietomallipohjaisen suunnittelun etuina voidaan pitää suunnittelun ohjauksen ja suunnitelmien ristiriidattomuuden valvomisen helpottuminen. Ristiriitaisuuksia malleissa voidaan tutkia erilaisilla simulointiohjelmilla (törmäystarkastelu), jotka ilmoittavat eri rakenneosien tai esim. LVI-putkien törmäyksistä toisiinsa. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

Korjausrakentamisessa kohteet eroavat toisistaan merkittävästi. Toisinaan korjataan vain tiettyä tilaa ja välillä koko rakennuksen toimintaa muutetaan. Tämä vaikuttaa oleellisesti tietomallista saatavaan hyötyyn ja siihen, onko taloudellisesti kannattavaa hyödyntää tietomallinnusta korjattavassa kohteessa. Tämän vuoksi tietomallin käyttö korjausrakentamisessa on yleistynyt vain suurissa kohteissa ja arvorakennuksissa. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.Lähtötilanteen mallinnus ja mallinnuksen vaiheet

Tietomallin etenemisen eri vaiheet voidaan kuvata yleisellä tasolla kuvion 1 mukaan. Tietomalli ei etene yleensä lineaarisesti kuvan mukaisesti vaan eri vaiheiden tieto lisätään malliin tarpeen mukaan.



Kuvio 1. Mallinnuksen vaiheet
(Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.1. Vaatimusmalli

Rakennushanke lähtee aina tarveselvityksestä. Sen tavoitteena on hankkeen tavoitteiden määrittely, tilanhankinnan tavoitteet tai olemassa olevan tilan muutostarpeet. Tarveselvityksessä pyritään pääsemään kartalle rakennushankkeen laajuudesta, kokonaiskustannuksista ja aikataulusta alustavasti. Tarveselvityksen lopputuloksena syntyy alustava tilaohjelma ja hankepäätös. Tätä vaihetta voidaan kutsua ns. vaatimusmalliksi. Korjausrakentamiskohteessa inventointimallin laatiminen jo tässä vaiheessa helpottaa vaatimusmallin tekemistä ja luo varmuutta kustannusten paikkansapitävyydelle. (YTV 2012b.)

2.3.2. Inventointimalli

Korjausrakennushankkeen suunnittelua varten tehdään olemassa olevasta kohteesta inventointimalli. Se pitää sisällään tontilla sijaitsevien rakennusten geometrian, tontin muodon ja rakennusosat (alapohja, välipohja, yläpohja ja seinät). Useimmiten inventointimalli tehdään 3-ulotteiseksi, että sen jatkokäyttö on mahdollisimman tehokasta. Inventointimalli voi olla myös kohteen kokonaisvaltainen dokumentointi paperille. (YTV 2012b.)

Mallin voi tehdä vanhoista piirustuksista, mutta tällöin on huomioitava piirustuksien paikkansapitävyys. Lisäksi on huomioitava rakenteiden muodonmuutokset (painumat yms.), jotka aiheuttavat heittoja verrattaessa todellisuuteen. Tämän vuoksi tarkistukset ovat välttämättömiä. Uusinta teknologiaa mittauslaitteistoissa ovat laserkeilaimet, jotka mittaavat etäisyyksiä eri suuntiin laseria hyväksi käyttäen. Mallin mitatarkkuus ja sisältö riippuvat paljolti kohteesta ja sen laajuudesta. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.3. Tilamalli

Hankepäätyksen jälkeen alkaa hankesuunnitteluvaihe. Hankesuunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen toteutusmahdollisuuksia ja toteutusvaihtoehtoja. Laatutaso ja hankkeen laajuus sekä aikataulu määritellään hankesuunnitteluvaiheessa.

Arkkitehti laatii kohteesta tilamallin. Tilamalli mahdollistaa visualisointia ja massamalleja, joita voidaan upottaa mallinnettuun ympäristöön. Tilamallin avulla saadaan konkretisoitua talon huonejakoa, tiloja ja kokoa tilaajalle sekä muille osapuolille.

Hyvin tehty tilamalli (ks. kuvio 2) antaa hyvät perusteet tietomallipohjaiselle suunnittelulle. Mitä paremmin pystytään määrittelemään tiloille asetetut laatu-, rakenne- ja viranomaisvaatimukset jo projektin alkuvaiheessa, sitä helpompi on myös suunnittelijoiden aloittaa suunnittelutehtävät. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)



Kuvio 2. Tilojen geometrinen malli. Tilamalliin on lisätty tietoa tilaryhmistä.
(Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.4. Alustava rakennusosamalli

Investointipäätöksen jälkeen alkaa vasta varsinainen rakennussuunnittelu. Alustava rakennusosamalli vastaa vanhoja luonnossuunnitelmia. Tilamallin pohjalta tehdään luonnosmainen alustava rakennusosamalli. Alustava rakennusosamalli sisältää seinät ja niiden paksuudet, pilarit, palkit, ovet, ikkunat ja eri aukotukset esim. portaille. Detailjeihin ja kiinnityksiin ei vielä kiinnitetä tarkempaa huomiota. Kaikki tuoteosat mal-

linnetaan niihin tarkoitetuilla työkaluilla. (esim. palkit palkkityökalulla ja pilarit pilari-työkaluilla.) Tarkkuustaso ja ulkonäkövaatimukset määräytyvät hankekohtaisesti. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.5. Rakennusosamalli

Rakennusosamalli tehdään alustavan rakennusosamallin pohjalle. Malliin lisätään tarkempia mittatietoja rakenteista, kiintokalusteita, rakenteiden liittymiä. Eri rakenneosat pyritään esittämään todellisina tuotteina. Myös erilaisia detaljeita voidaan esittää mallissa. Useimmiten tässä vaiheessa on helpompi linkittää detaljit malliin, kuin yrittää muokata rakenteista täysin oikeanlaisia. Rakennusosamalli vastaa nykyistä toteutus suunnittelua. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.6. Tuoteosamalli

Rakennusosamalli päivitetään edelleen tuoteosamalliksi. Tuoteosamallissa määritetään rakennusosat yksityiskohtaisemmin. Rakenteiden ominaisuudet ja materiaalit esitetään mallissa. Tuotteiden toimittajat ja niiden tiedot linkitetään malliin ja eri komponentteja voidaan lisätä tietomallin sisältöön. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.7. Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa eri suunnittelualojen (sähkö, LVI, automaatio) mallit yhdistetään. Yhdistelmämallissa tarkastellaan törmäyksiä ja niiden aiheuttamia muutoksia. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.3.8. Ylläpitomalli

Tietomallia päivitetään myös rakentamisen aikana. Työmaalla tapahtuvat muutokset lisätään malliin. Paras hyöty tietomallista saadaan, kun kaikki korjaus- ja muutostyöt ilmenevät mallista. Tällöin kiinteistön ylläpito ja tulevien korjaustoimenpiteiden suunnittelu on helpompaa. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.4. Tietomallin hyödyt

Tietomallinnuksen käyttö muuttaa toimintatapoja korjausrakentamisessa. Erityisesti nykyinen piirustus- ja dokumenttikeskeinen suunnittelu muuttuvat enemmän kokonaisvaltaiseksi suunnitelmaksi, missä kaikki tieto saadaan yhdestä mallista.

Rakennuksen esittäminen 3D-mallina antaa hankkeen osapuolille selkeän ja tarkan kuvauksen kohteen tiloista, ulkonäöstä, rakenteista ja koosta. Tämä useimmiten helpottaa ja nopeuttaa investointipäätöksen tekoa. Suunnittelun painopiste siirtyy enemmän projektin alkuvaiheeseen, missä varhaisessa vaiheessa voidaan havainnollistaa ja laskea kustannuksia korjattavalle kohteelle. Myös suunnitteluvirheet havaitaan aikaisemmin ja tarkemmin erilaisten törmäystarkasteluohjelmien avulla. Näin ollen suunnitelmien laatu paranee ja virheet pystytään korjaamaan ennen työmaavaihetta. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

Tietomalli toimii tehokkaasti kustannuslaskennan apuna. Tietomallista saadaan helposti eri materiaalien määrät ja pinta-alat, jolloin tarvittavan kustannusten laskenta helpottuu. Tietokoneen laskiessa myös virheiden määrä pienenee.

Suunnitelmien tietosisältö tietomallipohjaisessa projektissa on huomattavasti laajempi kuin tavallisessa suunnittelussa. Tämä helpottaa rakennuksen ylläpitoa ja esimerkiksi tulevien korjausten suunnittelua. Tietomallista voidaan jo hyvinkin aikaisessa vaiheessa tarkastella erilaisten korjausvaihtoehtojen kustannuksia ja toimivuutta, sekä havainnollistaa niitä tilaajalle ja muille osapuolille. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

Suunnitteluvaiheen tiedonsiirto eri osapuolten välillä paranee, sillä kaikilla suunnittelijoilla on sama tieto käytössä, jolloin ristiriitoja syntyy vähemmän. Tällä hetkellä vanhat dokumenttipohjaiset suunnitelmat ovat nopeampia tehdä ja kustannuksiltaan halvemmat, mutta niiden laatu ja virheiden määrät ovat suuremmat korjauskohteissa. Tulevaisuudessa tietomallipohjaisten projektien suunnittelu ja läpivientitavat yleistyvät ja eri ohjelmien tiedonsiirto ja yhteensopivuus paranevat. Näin saadaan tietomallin kustannuksia laskettua ja kilpailukykyä parannettua. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

2.5.Käytön rajoitukset

Korjausrakentamisessa tietomallia käytetään tällä hetkellä vain suurissa kohteissa. Tällöin tietomallin hyödyt suhteessa investointiin ovat suuremmat. Suurissa kohteissa lähtötilanteen mallinnus on vain pieni osa projektin kokonaishintaa. Pienissä kohteissa lähtötilanteen mittaus ja mallinnus vievät suhteettoman paljon aikaa ja kustannuksia hyötyihin nähden, minkä vuoksi tietomallin käyttö ei ole järkevää. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

Tietomallinnus ohjelmistoissa ja ohjelmissa on vielä paljon kehitettävää. Lisäksi ongelmia tuottaa mallin siirto eri suunnitteluosapuolien välillä. Usein joitakin objekteja häviää tai ne muuttavat paikkaa, kun mallia avataan toisessa ohjelmistossa. Myös niiden tietosisältöä voi hävitä siirrettäessä sitä.

Mallista otettaviin pohja- ja leikkauspiirustuksiin on useimmiten vielä lisättävä tekstiä ja merkintöjä. Nämä eivät aina kuitenkaan kommunikoi tietomallin kanssa ja tämän vuoksi ne on pidettävä erillään. Näitä merkintöjä joutuu useimmiten päivittämään käsin, mikä lisää riskiä virheille ja unohduksille. Tällöin tietoa voi jäädä puuttumaan suunnitelmista tai se on vanhentunutta. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

Yrityksille tietomallin käyttöönotosta syntyy yleensä ylimääräisiä kustannuksia kouluttamisten ja uusien työskentelytapojen johdosta. Myös ohjelmistojen hankinnat ja niiden opiskelu vaatii pääomaa. Yleisesti nämä ovat vähentäneet yritysten halua kehittää tietomallien käyttöä rakentamisessa. Tietomallin käyttöä hankaloittaa myös työmaan haluttomuus siirtyä sen käyttöön. Tämä vaatisi työnjohdolta tietomallin käytön opettelua. (Freese, Penttilä ja Rajala 2007.)

3. Mallinnus

3.1. Yleiset tietomallivaatimukset

Vuonna 2007 senaattikiinteistöt julkaisi ”yleiset tietomallivaatimukset”. Yleisissä tietomallivaatimuksissa käsitellään ja ohjeistetaan tietomallin valmistusta ja siihen liittyviä säädöksiä. Vuonna 2012 tuli päivitetty versio, johon lisättiin myös osat 9-13. Yleisten tietomallivaatimusten osassa 2. ”lähtötilanteen mallinnus” käsitellään korjauskentämisessä suurta osaa olevaa lähtötiedon mittausta, keräystä ja mallinnusta.

3.2.Lähtötilanteen mallinnus

Rakennus ja sitä ympäröivän tontin mallinnus tehdään paikalla tehtävien mittausten perusteella. Näitä tietoja täydennetään olemassa olevien piirustusten ja dokumenttien pohjalta. Hankkeen alkuvaiheessa on tärkeää määritellä tarkasti mallinnettavat asiat, sillä se voi aiheuttaa ongelmia jatkosuunnittelun kannalta, jos jotain olennaista jää mallista puuttumaan. Toisaalta on turhaa mitata ja mallintaa tiloja, mitä ei tulla korjaamaan. Mallinnettavat asiat ja niiden tarkkuus ovat aina hankekohtaisia ja erikseen sovittavia. Inventointimalli tulee aina tehdä hankkeen jatkon kannalta asianmukaisella laajuudella ja tarkkuudella. Esimerkiksi ennen korjaushankkeeseen ryhtymistä on hyvä miettiä, onko tarvetta mallintaa purettavia rakennusosia, kuten väliseiniä, mallinnetaanko ovet ja ikkunat aukkoina vai karmeineen jne. (YTV 2012a.)

Mallin voi tehdä vanhojen piirustusten pohjalta, mutta on hyvin todennäköistä, että vanhoissa piirustuksissa on heittoja nykytilaan nähden. Lisäksi tulee huomioida rakennuksen eläminen (painumat, taipumat jne.). Mittaustapoja on monia, mutta nykyisin yleisesti käytetään kiinteistöjen mittauksissa laserkeilainta. Laserkeilaimen avulla saadaan mittausaineistoa 3d-muodossa, jolloin mittaus on nopeaa ja mittausaineisto on helposti saatavilla.

3.3.Mitä ja miten mallinnetaan

Mallinnus tapahtuu siihen soveltuvalla ohjelmistolla. Rakennusosat mallinnetaan aina siihen tarkoitettuun työkalulla, esim. palkit palkkityökalulla, seinät seinätyökalulla jne. Inventointimallin tulisi sisältää kaikki näkyvät rakennusosat määrättyllä tarkkuudella. Lisäksi jokaisesta mallinnetusta rakennusosasta tulee käydä ilmi, mikä se on. Lisäksi inventointimallista yleensä tulisi selvittää runkorakenteet (pilarit ja palkit) sekä

kantavat seinät. Tämä vaatii yleensä rakennusosien tarkempaa tutkimusta ja rakenteiden avaamista. Esimerkiksi palkkien tarkkaa sijaintia on vaikea määrittellä, jos huoneessa on alakatto. (YTV 2012a.)

Olemassa olevia perustuksia ei yleensä mallinneta niiden hankalan tutkimisen vuoksi. Lisäksi yleensä pyritään välttämään perustusten korjausta kalliin hinnan vuoksi.

Inventointimalliin on aina liitettävä mukaan tietomalliselostus. Tietomalliselostus on mallin mukana kulkeva kuvaus mallin sisällöstä. Tietomalliselostuksesta käyvät ilmi mallinnustavat ja käytetyt ohjelmat ja korot, mittatarkkuus sekä poikkeamat yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden. Lisäksi siinä voidaan pitää kirjaa ja ohjeistusta nimeämiskäytännöistä, numeroinnista ja mallikohtaisista yksityiskohdista. Mallia muokatessa eri suunnittelijat päivittävät tietomalliselostusta aina, kun tekevät muutoksia. Tällöin kaikki mallin käyttäjät ovat ajan tasalla. (YTV 2012c.)

3.4.Mallin tarkkuus ja tarkkuustasot

Vanhoja rakenteita mallinnettaessa ei ole järkevää pyrkiä millitarkkaan mallintamiseen. Vanhat rakenteet ovat poikkeuksetta vinoja johonkin suuntaan ja niiden tarkka mallinnus veisi suhteettoman paljon aikaa. Yleisesti käytetään noin 25mm mittapoikkeamaa. Inventointimallille on määritetty tarkkuustasoja yleisissä tietomallivaatimuksissa, sen mukaan mitä rakennusosia mallinnetaan ja kuinka tarkasti. Mallin tarkkuuteen vaikuttaa oleellisesti myös sen mittaustapa. Jos mallinnetaan pelkkien vanhojen dokumenttien pohjalta, ei mallin luotettavuus ole paras mahdollinen. (YTV 2012a.)

3.5.ICF ja tiedonsiirto

Toimivan suunnittelutoiminnan perusedellytyksiä on tehokas tiedonsiirto. On tärkeää, että rakennushankkeen eri osapuolet saavat uusinta ajan tasalla olevaa tietoa. Hyvin suunnitellut ja ennakkoon testatut tiedonsiirtomenetelmät takaavat projektin tehokkaan läpiviennin. (Penttilä, Nissinen, Niemioja, 2006, 35–38.)

Suomalaisessa tietomallien tiedonsiirrossa käytetään IFC-tiedonsiirtostandardia (Industry foundation classes). Vapaasti suomennettuna tämä tarkoittaa objektien ja elementtien luokittelujärjestelmää. IFC on ohjelmistoriippumaton tiedonsiirtomuoto, jolla voidaan siirtää kolmiulotteista tietoa rakentamisen ja kiinteistönpidon eri ohjelmistojen välillä. IFC-tiedonsiirron toimintaperiaate on, että tietoa tuottava ohjelma tekee IFC-mallin omasta sisäisestä tiedontallennusmuodosta IFC-muotoon, ja vastaanottava ohjelma käsittelee tiedon IFC-muodosta ohjelman omaan tallennusmuotoon. Eli itse IFC-muotoista tietomallia ei muokata, vaan siihen lisätään tietoa eri ohjelmilla ja tuodaan se tarkasteltavaksi IFC-muotoon. (Penttilä, Nissinen, Niemioja, 2006, 35–38.)

IFC-tiedonsiirto ei ole vielä täydellistä ja sitä kehitetään koko ajan. Uusia päivityksiä tulee paljon eri ohjelmistoille, ja tulevaisuudessa IFC-tiedonsiirtoa voidaan käyttää pelkäämättä, että tietoa häviää matkalle.

Suurimpia ongelmia tiedonsiirrossa on se, että objekteja ja tietoa hukkuu siirrettäessä tietomallia ohjelmistosta toiseen. Ongelmat eivät yleensä ole IFC-standardissa, vaan suunnitteluohjelmistojen tavassa muuttaa tietomalli IFC-muotoon. (Penttilä, Nissinen, Niemioja, 2006, 35–38.)

4. Laserkeilaus

4.1. Yleistä

Laserkeilauksessa pyritään muodostamaan nykytilaa vastaava, mittatarkka 3d-malli mitattavasta kohteesta. Laserkeilaimia (ks. kuvio 3.) on monenlaisia eri käyttökoh- teita varten. Esimerkiksi puuston tai maastonmittauksissa ei tarvita millitarkkaa ma- teriaalia vaan keilausnopeus on tärkeää. Kiinteistöjen mittauksessa käytettävät nyky- aikaiset laserkeilaimet ovat yleensä mittatarkkuudeltaan noin $\pm 2\text{-}5\text{mm}$ 300m:n mat- kalla.



Kuvio 3. Kuva laserkeilaimesta. (Geotrim 2012)

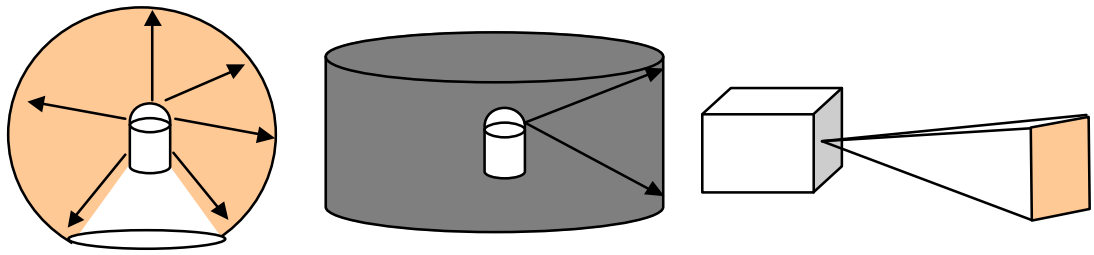
Laser-mittauslaitteiden toimintaperiaate on se, että lasermittaimessa on nollapiste, josta lähetetään lasersäde haluttuun kohteeseen ja takaisin. Ajasta, jolloin lasersäde käy kohteessa ja palaa takaisin voidaan laskea matka kohteeseen. Kun tiedetään la- sersäteen lähtökulmat ja matka, voidaan eri mitattaviin pisteisiin laskea koordinaatit (x,y,z). Laserkeilain muodostaa ympäristöstään suuren joukon mittapisteitä. Tätä pis- tejoukkoa kutsutaan pistepilveksi. (Vahur J. 2006.)

Laserkeilaimia voidaan luokitella kolmeen pääryhmään:

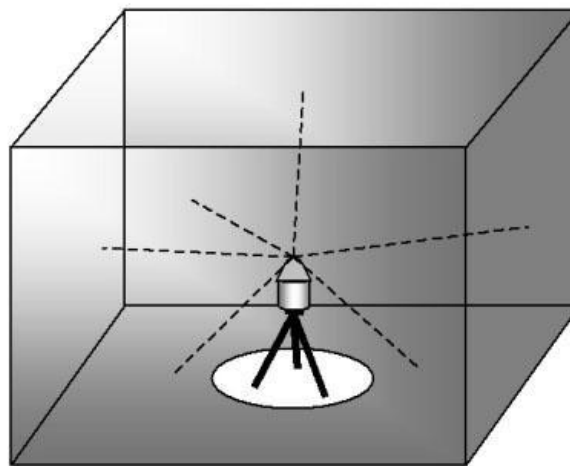
- Kaukokartoituskeilaimiin, joita käytetään esimerkiksi kuvattaessa lentokoneesta. Mittausmatkat ovat yleensä 0.1-100km. Tarkkuus noin kymmenen senttimetrin luokkaa.
- Maalaserkeilaimet, joita käytetään matkoilla 1-300m. Esimerkiksi kiinteistömittauksissa. Mittaustarkkuus yleensä alle kaksi senttimetriä.
- Teollisuuslaserkeilaimiin, joita käytetään nimensä mukaisesti teollisuudessa. Esimerkiksi kappaleiden tarkastusmittauksissa ennen valmistusta. Mittauseräisyys alle 30m ja mittatarkkuus 1mm:n luokkaa.

Maalaserkeilaimia voidaan jakaa mittaustavan mukaan (ks. kuvio 4.) vielä neljään eri ryhmään:

- Kupolimainen (ks. kuvio 5), joka mittaa kaikkialta paitsi alapuoleltaan. Käytetään useimmiten kiinteistöjen mittauksissa
- Panoraaminen, joka mittaa 360 astetta halutulta korkeudelta. Mittaamalla jää ylä- ja alapuolinen alue.
- Optinen kolmiomittaus. Tarkoitettu pisteen mittaukseen.



Kuvio 4. Maalaserkeilaimien toimintatavat. (Vahur J. 2006.)



Kuvio 5. Laserkeilaimen mittausperiaate. Kupolimainen mittaus. (Rönholm P. & Haggrén H. 2004.)

4.2.Käyttökohteet

Laserkeilaimien käyttö on kasvanut laajalti niiden hintojen laskiessa. Laserkeilauksen helppous ja tarkkuus ovat myös lisänneet suosiota. Laserkeilauksessa mitattavan kohteen luokse ei tarvitse päästä, eli kohde voidaan skannata kauempaa. Tämä helpottaa vaikeiden kohteiden ja epäsymmetristen pintojen mittaamista. Perinteisiä käyttökohteita rakentamisessa ovat olleet vanhat arvorakennukset, mistä ei ole ajan-

tasaisia piirustuksia sekä suuret korjausrakentamiskohteet, minkä läpiviennissä käytetään tietomallia. Laserkeilausta käytetään mm. puuston mittauksissa, infrastruktuurin suunnittelussa (tiet, sillat, kaivannot jne.), maaston korkeuskartoituksissa ja erilaisten kappaleiden mittatarkistuksissa. Käyttökohteita tulee kokoajan lisää kustannusten laskun ja laitteiden kehittymisen myötä. (Vahur J. 2006.)

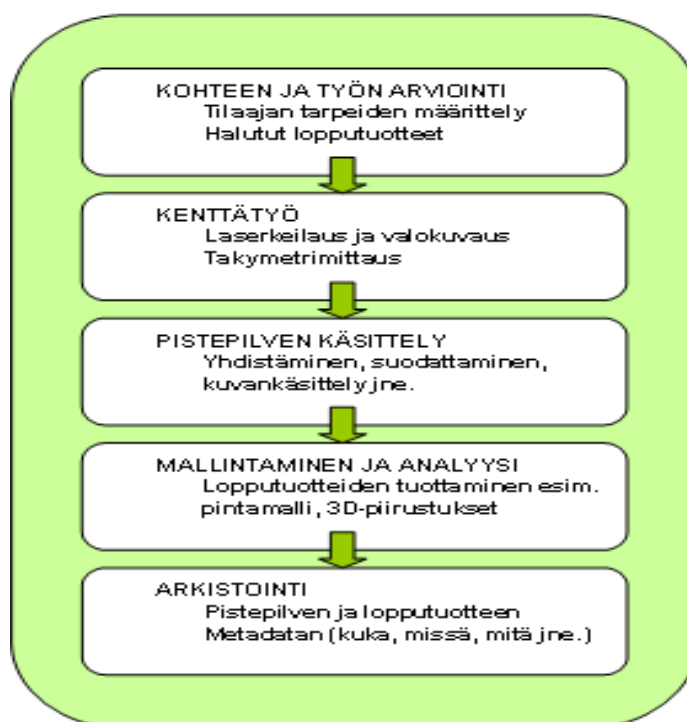
Suurimpana haasteena laserkeilaimen käytössä on isot tiedostokoot. Yhdessä skannauksessa voi olla miljoonia pisteitä, mikä luo rajoitteita tietotekniikalle suurissa kohteissa. Esimerkiksi suurissa rakennuksissa skannauksia voi olla satoja. Tämä pakottaa laskemaan pisteiden määrää, mikä vaikuttaa lopulliseen tarkkuuteen. (Vahur J. 2006.)

4.3.Laserkeilauksen vaiheet

Mittausprojektin alkuvaiheessa on tärkeää määritellä mittauksen laajuus, tarkkuus ja lopputuotteen käyttötarkoitus. Tällä varmistetaan, että lopputuote on jatkokäyttöä varten sopiva.

Laserkeilausprojekti sisältää useita eri vaiheita riippuen projektin koosta. Useimmiten lopputuotteena kiinteistöjen laserkeilauksessa on inventointimalli. Tämä tarkoittaa, että laserkeilausprojektissa on mukana usein monia osapuolia ja onkin tärkeää projektin kannalta, että tiedonkulku osapuolien välillä toimii.

Laserkeilausprojektin voi jakaa yleisesti viiteen eri vaiheeseen kuvion 6. mukaisesti.



Kuvio 6. Laserkeilausprojektin vaiheet. (Kari V. 2011.)

Laserkeilausprojekti alkaa kohteeseen tutustumisella ja taustatietojen keräyksellä. Pohjapiirustuksiin on hyvä merkitä alustavat skannauspisteet. Tämän avulla voidaan arvioida myös skannausten lukumäärä. Ennen mittausta tulisi varmistua siitä, että kohde tai sen tilat soveltuvat mitattaviksi laserkeilainta käyttäen. Hankalia kohteita laserkeilaimelle voivat olla esimerkiksi tilat, joissa on paljon peilejä, lasia, vettä jne. Tällaiset pinnat heijastavat lasersädettä ja eivät tuota luotettavaa mittaustulosta. Lisäksi tulisi suunnitella mittaus sellaisiin paikkoihin, joihin laserkeilainta ei mahdu. (Vahur J. 2006.)

Itse mittaus on useimmiten nopea toimenpide. Kiinteistöjen mittauksissa käytettävä nykypäiväinen laserkeilain ottaa noin 1-5 minuuttia yhden skannauksen mittaukseen riippuen resoluutiosta. Ennen mittausta sijoitetaan tähykset paikoilleen. Mittauksen aikana on huolehdittava, ettei mitattavan kohteen ja laserkeilaimen välissä ole mitään.

Aineiston muokkauksessa eri skannausasemat yhdistetään, aineisto suodatetaan ja siitä poistetaan turhat pisteet.

Kiinteistöjen mittauksessa mallinnus kuuluu useimmiten laserkeilausprojektiin. Mallinnuksessa tehdään kiinteistöstä 3d-malli laserkeilausaineiston pohjalta.

Lisäksi mittauksesta tehdään raportti. Raportista ilmenee käytetyt laitteistot, mitausajankohta, mittaja, analyysit mittauksesta, huomiot mittauksesta (esim. katve-alueet). (Vahur J. 2006.)

4.4.Pistepilvi ja sen käsittely

Pistepilven laatuun eniten vaikuttaa pistepilven tiheys. Pisteiden tiheys määräytyy projektin koosta. Mitä tarkempaa mittatietoa kohteesta halutaan sitä suurempi tulee pistetiheyden olla. Suuri pisteiden määrä hidastaa kuitenkin pistepilven käsittelyä ja kasvattaa tiedostokokoa. Tämän vuoksi on tärkeää määrittää sopiva pistetiheys ennen mittauksen aloittamista. Kiinteistöjen mittauksessa myös kohinan määrää rajoitetaan 10mm:n. Kohina on yhden pisteen virheellisyys. Virheitä aiheuttaa esimerkiksi kaarevat tai huonosti heijastavat pinnat. Uudemmissa laserkeilaimissa kohina on noin 1-4 millimetriä. Tämän suuruisella kohinalla ei ole enää merkittävää vaikutusta lopullisiin mittaustuloksiin, kiinteistöjen mittauksissa. (Vahur J. 2006.)

Pistepilvi pyritään pitämään mahdollisimman kevyenä. Tämän vuoksi pistepilvestä poistetaan kaikki ylimääräiset pisteet, mitä mittauksessa yleensä tulee. Näitä aiheuttavat esimerkiksi kasvusto, lasit, peilit, vesisade jne.

Pistepilven voi viedä haluttuun koordinaattijärjestelmään tähyksien ja täkymetrimittausten avulla. Tähyksen keskipisteen koordinaatit mitataan ja tällöin saadaan tarkka koordinaatti pistepilvelle. Pistepilven käsittelyn jälkeen voidaan aloittaa pistepilven käyttö mallinnuksen pohjana tai sen muu jatkokäyttö. (Vahur J. 2006.)

Kiinteistöjen mittauksissa laserkeilaimella mitataan kohdetta monista eri mittauspisteistä. Näin saadaan jokaisesta tilasta mittatarkkaa materiaalia mallinnusta varten. Tällä pyritään minimoimaan katvealueiden määrä. Nykyaikana eri skannausasemat yhdistetään tähyksiä hyväksikäyttäen. Tähykset ovat laserkeilaimen tunnistamia pisteitä mittaussaineistossa. Tähykset ovat mittalaitteesta riippuen puolipallon- tai pallon muotoisia. Myös paperisia tähyksiä on olemassa. Näitä sijoitetaan mitattavaan kohteeseen siten, että skannausasemasta näkyy vähintään kolme tähyistä. Tähyksiä voi olla enemmänkin, mikä helpottaa aina eri skannausasemien yhdistämistä ja parantaa kohteen mittatarkkuutta. (Kari V. 2011.)

4.5.Mittaustulosten hyödyntäminen

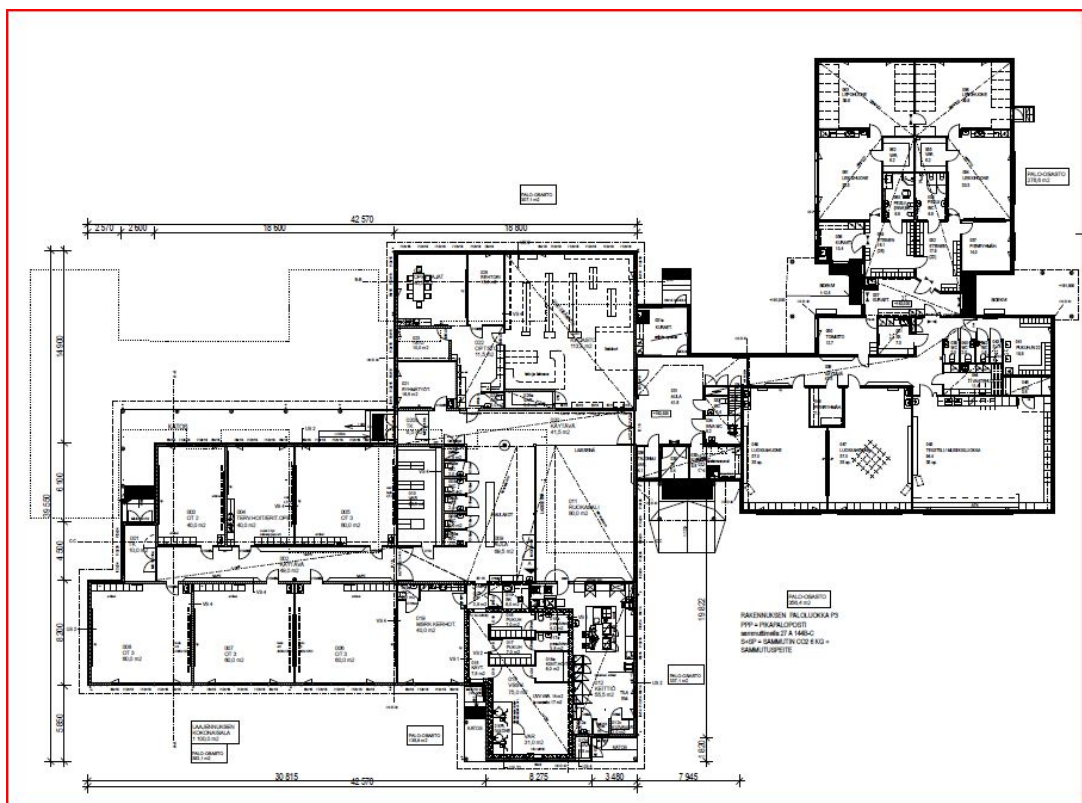
Suurin osa kiinteistöistä tehtävistä laserkeilauksista toimii mittaussamateriaalina 3d-mallia varten. Pistepilveä voidaan käyttää sellaisenaan mallinnuksen pohjana tai sen avulla voidaan tarkastella eroavaisuuksia ja mittatarkkuutta, esimerkiksi vanhoista piirustuksista tehtyyn 3d-malliin verrattuna. Pistepilvestä voidaan ottaa leikkauksia eri rakenteiden kohdista ja käyttää näitä mallinnuksen apuna. Eri ohjelmistoilla voidaan ottaa mittoja suoraan pistepilvestä esimerkiksi määrä-alojen laskentaan, mittojen tarkasteluun yms.

Pistepilviaineisto on yleensä kaikkien suunnittelijoiden käytössä. Eri suunnittelijat voivat tarkastella rakennetta suoraan omasta toimipisteestä. Tällöin käynnit työmaalla vähenevät, mikä vaikuttaa kustannuksiin. Koko projektia ajatellen olisikin tärkeää, että eri suunnittelijat opastettaisiin käyttämään pistepilvestä saatavia hyötyjä projektin tehostamiseksi. (Kari V. 2011.)

5. Kohteen mittaus ja mallinnus

5.1.Kohteen esittely

Mitattavaksi kohteeksi valikoitui Jyväskylässä sijaitseva Vesangan koulu. Vesangan koulu sijaitsee noin 10 km päässä Jyväskylästä Keuruulle päin. Vesanka-talo on kokonaisuus kiinteistössä olevista palveluista. Palveluja ovat koulu, päiväkot, valmistuskeittiö, ruokala sekä erilaisia kerhotiloja. Päiväkot ja osa koulusta on rakennettu vuonna 2003 ja laajennusosa, jossa sijaitsee osa luokista, keittiö, ruokala ja kirjasto on rakennettu vuonna 2008. Kuviossa 7 näkyy pohjapiirustus kohteesta.



Kuvio 7. Pohjakuva Vesankatalosta.

5.2.Mittauksen suunnittelu

Mittauksen alustava suunnittelu tapahtui pohjapiirustusten perusteella. Pohjapiirustuksiin merkittiin alustavat skannauspisteet. Näin saatiin arvio mittauksen laajuudesta ja siihen kuluva ajasta. Lisäksi mietittiin, mistä mittaus kannattaa aloittaa ja minne lopettaa. Tässä vaiheessa on hyvä myös miettiä, kuinka julkisivut ja ulkoalueiden skannaukset saadaan liitettyä sisäpuolisiin skannauksiin. Tässä kohteessa ei suoritettu mittausaineiston kohdentamista koordinaatistoon. Tämä onnistuisi täkymetrin tai sateliittipaikantimen avulla. Kohteesta mitattaisiin koordinaatit maahan asetettavan tähyspallon keskikohdalta.

5.3.Mittauksen toteutus

Mittaus suoritettiin 24.2.2014 ja se saatiin suoritettua yhdessä päivässä. Mittauskalustona käytössä oli Faro merkinen laserkeilain. Ennen mittauksia kohteeseen laitettiin tähykset. Tähyksien sijaintia kohteessa joutuu aina suunnittelemaan paikalla, sillä on ennakolta vaikea arvioida minne tähykset saadaan kiinni, ja miten ne näkyvät eri skannausasemiin.

Mittaus aloitettiin päiväkodin puoleisesta päädyistä. Tämän jälkeen mitattiin rakennuksen pohjoinen julkisivu. Vanhasta rakennusosasta otettiin noin 50 skannausta. Seuraavaksi siirryttiin uusien tilojen mittaukseen ja sen julkisivuihin. Viimeisenä mitattiin uuden puolen luokkatilat. Koko kiinteistöstä otettiin noin 110 skannausta.

Skannaukset yhdistettiin toisiinsa tähyksien avulla. Tähyksiä sijoitettiin rakennukseen siten, että jokaisesta skannausasemasta näkyy 3-5 tähystä.

5.4.Mittaus Faro laittella

Mittaus laitteella aloitetaan tekemällä projekti kohteesta. Tämän jälkeen laitteelle syötetään parametrit (resoluutio, kuvauskulma jne.). Seuraavaksi laite asetetaan sopivalle kohdalle ja korkeudelle, siten että halutut rakennusosat ja tähykset näkyvät. Itse mittaus tapahtuu nappia painamalla. Kaiken kaikkiaan laite on helppokäyttöinen selkeän ohjelmiston ja kosketusnäytön vuoksi. Mukana ei siis tarvitse kuljettaa erillisiä laitteita.

5.5.Pistepilven tuottaminen ja käsittely

Pistepilven tuottaminen ja käsittely on vähintään yhtä suuri työ, kuin itse mittaus. Karkeasti voidaan sanoa, että pistepilven käsittelyssä ja sen siirrossa mallinnusohjelmaan menee noin kaksi kertaa sen verran aikaa, kuin itse mittaukseen.

Pistepilveä voidaan käyttää sellaisenaan erilaisiin pinta-alan-, tilavuuden ja esim. tarkastusmittauksiin. Mallintamisen tai 2d-kuvien tekoon pistepilvestä voidaan ottaa leikkauskuvia ja erilaisia tasoja. Helpointa on kuitenkin mallintaa pistepilven ”päälle”.

5.6.Aineiston siirto ja muokkaus

Pistepilven muokkaukseen käytettäviä ohjelmia on nykyään jo monia, kuten:

- RealWorks
- Cyclone
- Faro Scene
- Z+F LaserControl

Kaikki kyseiset ohjelmat ovat laserkeilain valmistajien omia ohjelmia. Tässä opinnäytetyössä käytettiin laitteen omaa Faro Scene ohjelmaa, koska skannausaineiston muokkaus käy helpoiten laitevalmistajan oman ohjelman kanssa. (Kari V. 2011.)

Mittalaite tallentaa mittausaineiston muistikortille, josta se voidaan kätevästi siirtää tietokoneelle. Koko mittausaineisto on yhdessä projektikansiossa, joissa jokainen skannaus on omana tiedostona.

Pistepilven muokkaus alkaa sillä, että skannausprojekti avataan Faro Scene ohjelmassa. Tässä vaiheessa voidaan pistepilvet avata yksitellen ja tarkastella yhtä skannausta. (ks. kuvio 8.)

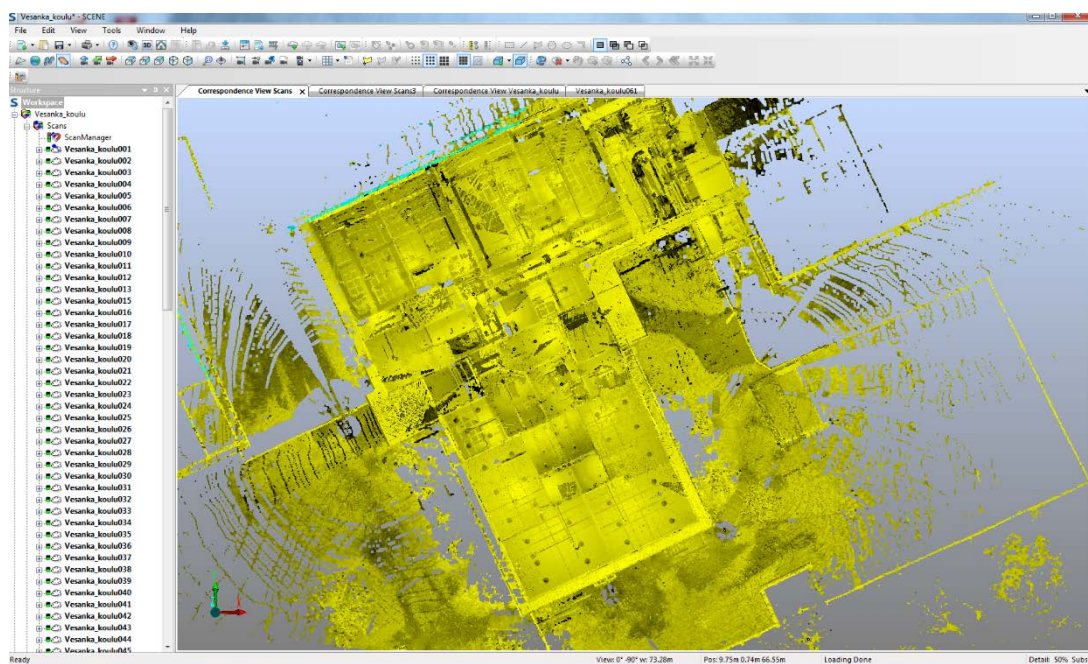


Kuvio 8. Faro scenen näkymä, kun yksi skannaus avattuna.

Jokainen skannaus käydään läpi ja tarkastetaan, että ohjelma on tunnistanut tähykset, jotta ne voidaan yhdistää. Puuttuvat tähykset lisätään manuaalisesti. Joissain tapauksissa ohjelma tunnistaa ylimääräisiä tähyksiä ja nämä tulee poistaa. Tällaisia voivat olla tähyksiä muistuttavat esineet.

Skannausten yhdistämiseen on monia tapoja. Helpoin ja nopein niistä on yhdistäminen faro scene ohjelman automaattitoiminnon avulla. Automaattitoiminto määrittää tähysten keskipisteet, etsii vastaavuuksia skannausten tähyksistä ja sovittaa skannaukset siten toisiinsa. Tähyksien avulla liitetyissä skannauksissa päästään noin 1-3mm. tarkkuuteen. (Ks. kuvio 9.) Skannauksia voidaan liittää toisiinsa myös manuaalisesti erilaisten kiintopisteiden avulla (nurkat, oven reunat jne.). Manuaalinen liittäminen on työlästä, eikä lopputulos ole yleensä sen parempi. Mitä enemmän mittausaineistossa on tähyksiä, sitä varmemmin ja paremmin pistepilvet saadaan yhdistettyä.

Tässä vaiheessa on järkevää rajata pistepilveä halutulle alueella ja poistaa ylimääräiset. Pistepilvestä voidaan poistaa esim. tontin ulkopuolelle menevät pisteet, puustosta aiheutuva- tai muut pisteet, jotka ovat turhia tai voivat häiritä mallintamista.



Kuvio 9. Kuvassa näkyy vanhan osan skannaukset yhdistettynä.

5.7.Pistepilven tarkastelu

Yhdistetystä pistepilvestä tulee tarkastaa, että kaikki skannaukset ovat yhdistyneet oikein ja, että ne ovat oikeilla paikoilla muihin nähden. Lisäksi on hyvä tarkastaa skannausten liitoskohdat ja niiden oikeellisuus. Huomiota kannattaa kiinnittää myös skannausten suoruuteen, eli onko skannaus vinossa muihin nähden.

Pistepilven yhdistäminen ja yleinen tarkastus kannattaa tehdä huolella, sillä ylimääräistä aikaa kuluu paljon, jos pistepilviaineisto joudutaan monta kertaa siirtämään mallinnusohjelmaan.

5.8.Pistepilven siirto mallinnusohjelmaan

Revit architectureen voidaan siirtää pistepilviä sellaisenaan. Revit on kehittänyt oman tiedostomuotonsa pistepilville, joka on pcg. Pistepilvet täytyy tallentaa Faro Scene ohjelmasta XYZ-muotoon, josta Revit muuttaa niistä edelleen pcg-muotoa. Revit keventää pistepilveä eli poistaa osan pisteistä tehdessään pcg-tiedoston. Näin muutenkin raskasta mallinnusohjelmaa voidaan käyttää kymmenien pistepilvien ollessa auki.

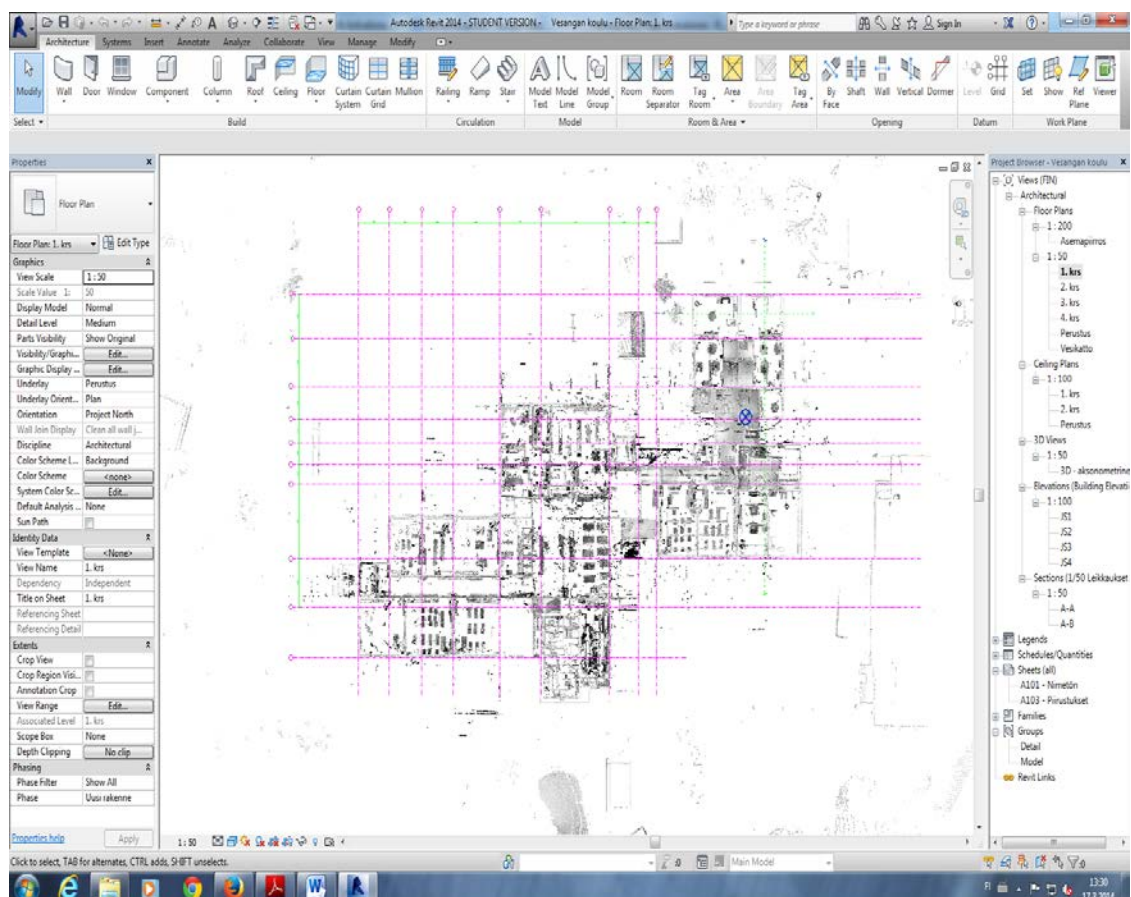
Myös XYZ-muotoon siirrettäessä kannattaa pistepilveä hieman keventää. Tällä saadaan pistepilvestä edelleen kevyempää ja helpommin ”työstettävää”. Kääntöpuolena pistepilven harventamiselle tietenkin on se, että tarkkuus kärsii hieman. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida ottamalla kohteesta riittävästi skannauksia. Riittävä määrä skannauksia varmistaa myös sen, että katvealueiden määrä on mahdollisimman pieni.

6. Kohteen mallintaminen

6.1.Yleistä

Tässä opinnäytetyössä kohde mallinnetaan alusta loppuun Revit-ohjelmaa käyttäen. Mallinnustapoja ja ohjelmia on monia. Tässä opinnäytetyössä esitetään yksi mallinnusohjelma ja mallinnus sen avulla. Muihin ei ajan puutteen vuoksi tutustuta.

Mallinnus kannattaa aloittaa korkojen määrittelyllä. Pistepilvestä näkyy selvästi kerroskorkeudet ja on helppoa asettaa korot oikein näiden mukaan. Myös piirtolinjojen teko onnistuu, kun riittävä määrä pistepilviä on auki mallinnusohjelmassa. Katso kuvio 10.



Kuvio 10. Revit architecturen näkymä, kun ulkoseiniä pistepilvet ovat näkyvissä.

Revit architecturessa voidaan määritellä, mitkä pistepilvet ovat auki ja mitkä ovat piilotettuina. Tämän avulla voidaan keventää ohjelmaa ja helpottaa huomattavasti mallinnusta. Revit architecturessa löytyy myös toiminto ”section box”, jonka avulla voidaan 3d-näkymää rajata kuution muodossa. Näin voidaan keskittyä vain haluttuun rakennusosaan ja sen tarkasteluun.

6.2.Perustukset ja alapohjat

Useimmiten korjauskohteissa ei anturoihin tai alapohjarakenteisiin päästä käsiksi ja tämän vuoksi mallintaminen aloitetaan perusmuurin näkyvistä osista. Samalla mallista ilmenee perusmuurin ja seinän liittymäkohta.

6.3.Runko

Tässä kohteessa runkona toimivat kantavat ulko- ja väliseinät. Erillisiä pilareita ja palkkeja oli vain laajennusosan käytävällä ja katosrakenteissa ulkona. Pilarien ja palkkien mitat kannattaa usein tarkastaa pistepilven tarkasteluohjelmasta. Pilarien ja palkkien määrittäminen haittaa usein se, että ne ovat osittain rakenteiden sisällä. Tällöin kyseiset rakenteet mallinnetaan vanhojen kuvien perusteella tai ne mallinnetaan näkyviltä osin. Tällaisista rakenneosista tulee olla merkintä tietomalliselostuksessa.

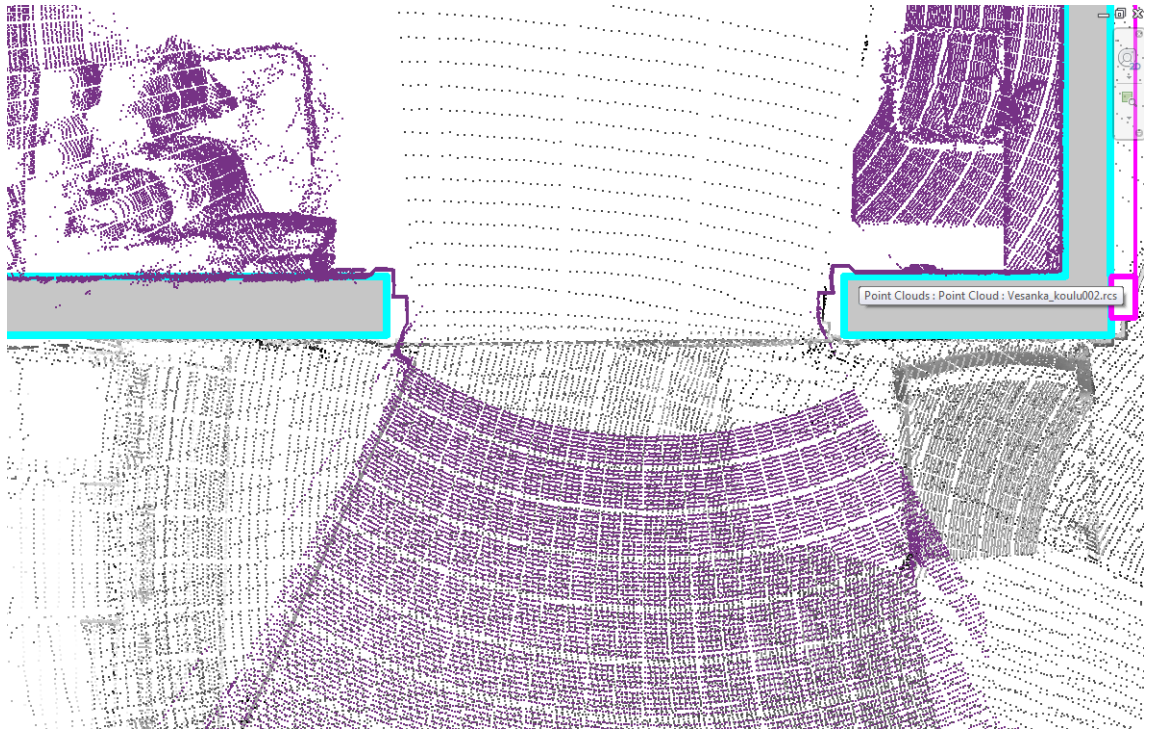
Inventointimallissa tulee yleisten tietomallivaatimusten mukaan olla tieto siitä, missä kantavat rakenteet sijaitsevat ja mitä ne ovat. Tämä vaatii usein rakenteiden tarkempaa tutkimusta, joka kannattaa ottaa esille jo suunniteltaessa mittauksia.

6.4.Ulko- ja väliseinät

Ulkoseinän paksuus saadaan määritettyä, kun kohde on kuvattu ulko- ja sisäpuolelta. Seinän paksuus erottuu suoraan mallinnusohjelmaan tuodusta pistepilvestä, kun riittävä määrä skannauksia on näkyvissä (ks. Kuvio 11.). Seinät mallintamaan siten, että seinän molemmat reunat seuraavat pistepilven mukaista linjaa. Katso kuvio 12.



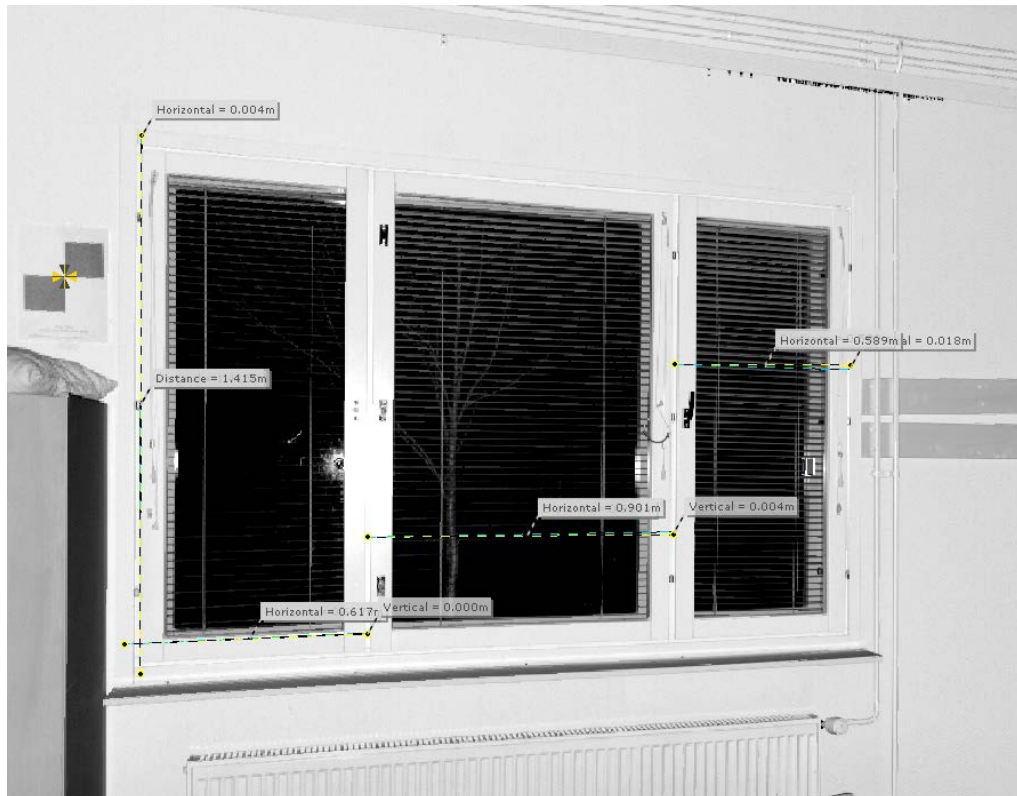
Kuvio 11. Kuvassa näkyy ensimmäisen kerroksen tasokuva ja sen päälle oleva pistepilvi. Seinälinjat erottuvat selkeästi, jolloin niiden päälle on helppo mallintaa.



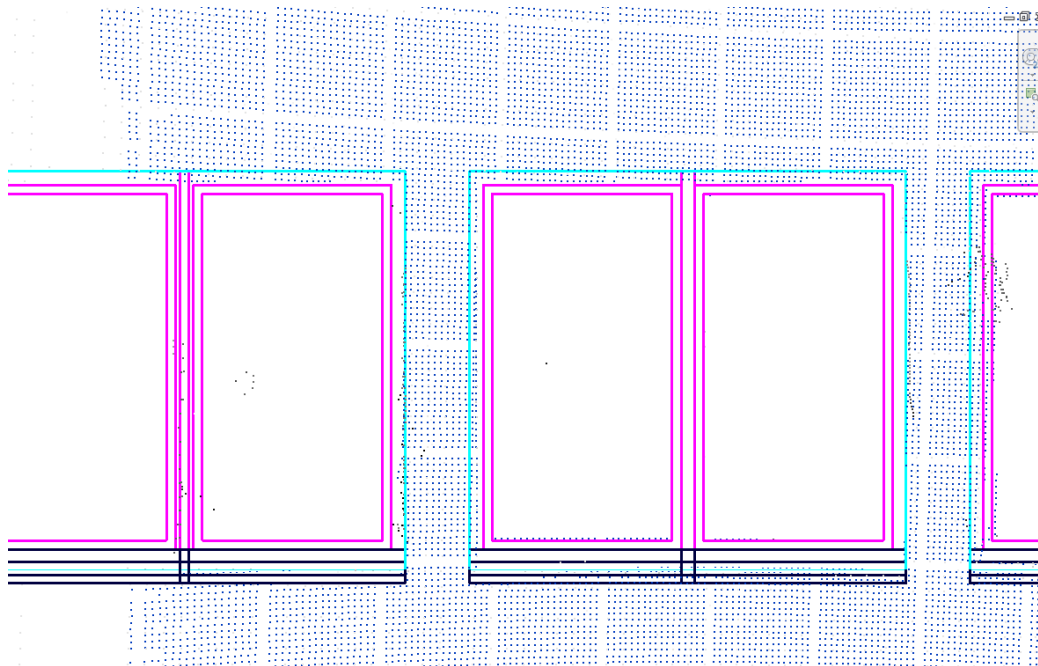
Kuvio 12. Kuvassa näkyy tasoleikkaus mallista ja pistepilvestä. Seinät erottuvat pistepilvestä selkeästi tummana viivana. Myös oviaukon koko on helposti mitattavissa.

6.5.Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden ja ovien mallinnuksessa on hyvä mitata aukot pistepilven tarkasteluohjelmasta (ks. kuvio 13). Mallinnusohjelmaan tuodusta pistepilvestä on usein vaikea määrittää ikkunoiden tai ovien reunoja, sillä ne ovat usein listojen peitossa. Useimmissa kohteissa ikkunoiden mitoiksi riittävät moduulimitat, mutta esimerkiksi vanhoissa arvokohteissa, missä ikkunat täytyy valmistaa erikseen, tarvitaan ikkunoista millitarkkaa tietoa. Ikkunoiden ja ovien sijainti kannattaa määrittää mallinnusohjelmassa olevan pistepilven (ks. kuvio 14) ja tarkasteluohjelman avulla.



Kuvio 13. Kuvassa näkyy pistepilven tarkasteluohjelma ja siinä olevan ikkunan mitat.

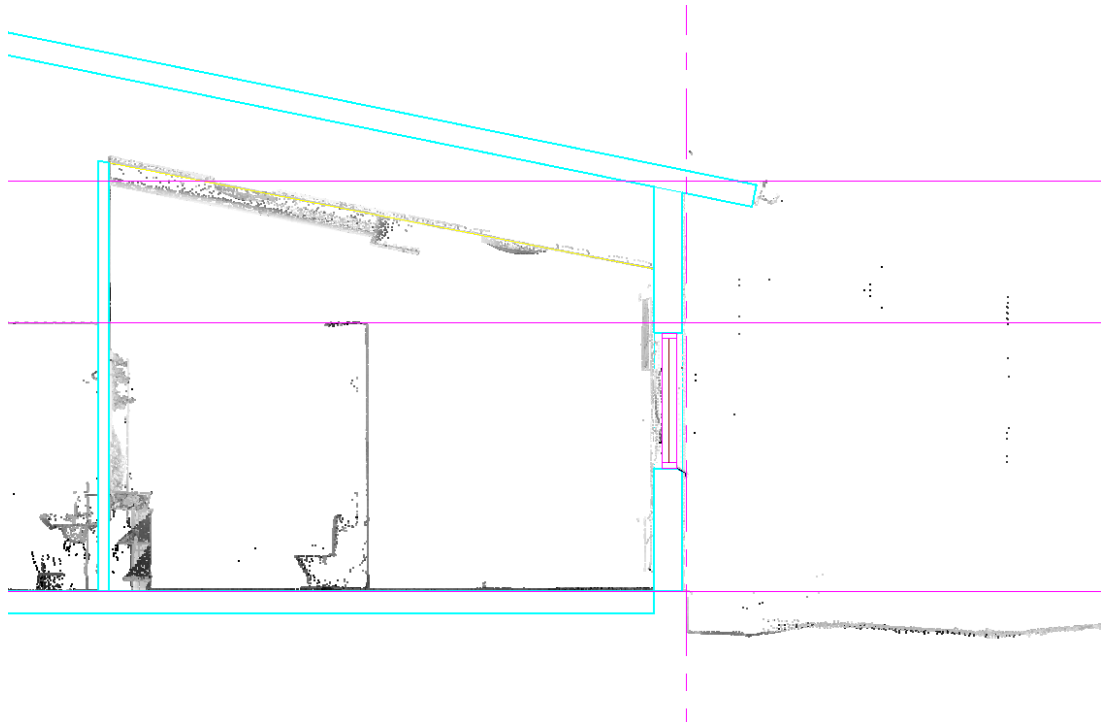


Kuvio 14. Kuvassa näkyy ikkunoiden sijoittelua malliin. Pistepilvestä erottuu selkeästi ikkunoiden reunat.

6.6.Ylä- ja välipohjat

Tässä kohteessa ainut välipohja on ilmanvaihtokonehuone sisäänkäynnin vieressä. Välipohjan paksuus saadaan, kun kohde on kuvattu ylä- ja alapuolelta. Tällöin paksuus saadaan määritettyä leikkauksien avulla. Skannatessa ja mallintaessa tulee kuitenkin huomioida sisäkatot. Skannatessa onkin muistettava poistaa tai siirtää riittävä määrä alakattolevyjä oikean koron määrittämiseksi. Yläpohja mallinnettiin vesikaton korkojen ja yläpohjan korkojen avulla. Erillisiä yläpohjarakenteita kuten ristikoita ei mallinnettu.

Vesikatto mallinnettiin ulkopuolisten skannausten avulla. Ulkopuolisista skannauksista saadaan selville vesikaton korot ja kaltevuus. Katso kuvio 15.



Kuvio 15. Rakenteen leikkaus. Kuvassa näkyy pistepilvi sekä mallinnetut rakenneosat. Kuvasta erottuu myös mallinnettu alakatto. Lisäksi kuvassa näkyy maanpinnan muoto seinän vierustalla sekä räystäskouru.

6.7.Kotelot

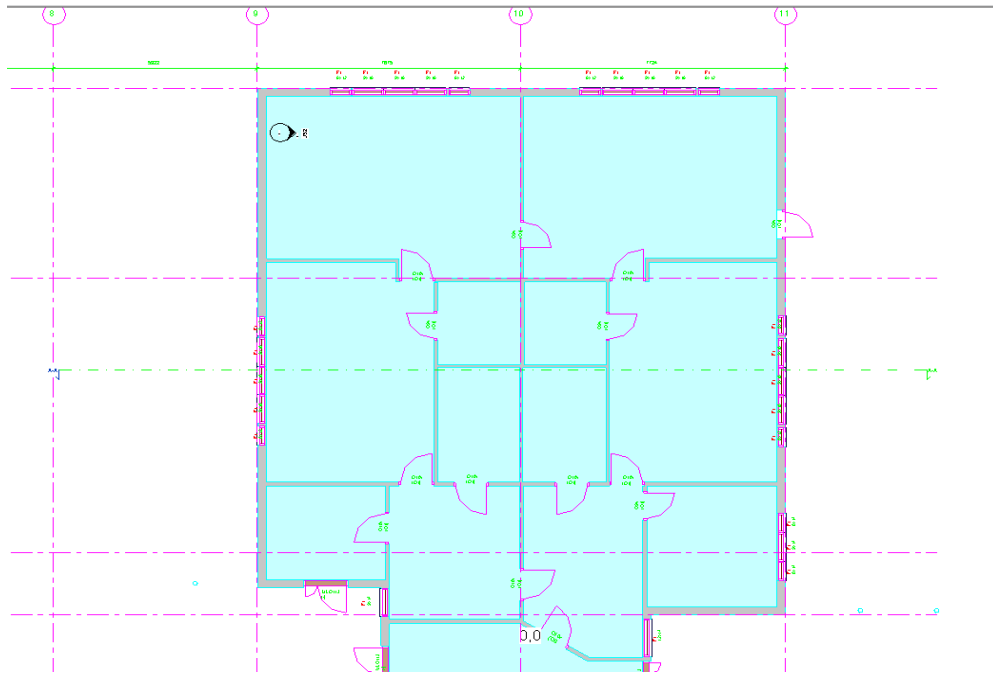
Kotelot mallinnettiin seinä- ja alakattotyökalua käyttäen. Kotelon seinämäpaksuudeksi määritettiin 15mm.

6.8.Vesikalusteet

Vesikalusteiden mallinnus on usein hankekohtainen. Joissain kohteissa halutaan, että vesikalusteet ja lattiakaivot määritetään jo inventointimalliin. Tässä kohteessa vesikalusteita ei lisätty malliin.

6.9.Tilat

Revit architecturella tilojen määrittäminen käy helposti. Ohjelmaan syötetään haluttu aloitenumero ja huoneen nimi. Ohjelma tunnistaa automaattisesti huoneet, joissa on seinät paikoillaan. Avonaiset tilat voidaan jakaa huoneiksi ”room separator” nimisellä toiminnolla. Katso kuvio 16.



Kuvio 16. Kuvassa näkyy vanhan osan pohjapiirustus. Malliin on lisätty ovi ja ikkunatunnukset.

7. Tulokset ja pohdinta

Tietomallin laatiminen olemassa olevaan kohteeseen on monivaiheinen prosessi. Parhaaseen lopputulokseen päästään, kun käytössä on riittävän kattavat lähtötiedot. Laserkeilauksen avulla saadaan tarkkaa mittatietoa sähköisessä muodossa. Todennukaiseen lopputulokseen tarvitaan kuitenkin myös tietoa rakenteista. Näitä tietoja saadaan vain vanhoista dokumenteista tai avaamalla rakenteita. Avaamalla rakenteita saadaan varmuutta kuitenkin vain yhdestä kohdasta. Toisessa huoneessa rakenneratkaisu voi olla aivan toinen. Yhdistelmä mittauksista, rakenteiden selvittämisestä ja vanhojen dokumenttien tutkimista päästään parhaaseen lopputulokseen. Katso kuvio 17.



Kuvio 17. Kuvassa näkyy rakennuksen kolmiulotteinen havainne kuva.

Tietomallin käytöllä korjauskohteessa saavutetaan monia etuja vanhaan 2d-piirustuksiin pohjautuvaan suunnitteluun verrattuna. Tämä vaatii kuitenkin sen, että tietomalli on valmistettu huolella ja sen tietoon voidaan luottaa. Laserkeilaus on yksi tapa tuoda luotettavaa mittausaineistoa tietomalliin. Mittatarkkuus onkin erittäin tärkeää suunniteltaessa uusia rakenteita tai laitteita. Yhdistelmämallilla voidaan suorittaa erilaisia törmäystarkasteluja eri suunnittelualojen välille. Näin saadaan jo suunnitteluvaiheessa tieto siitä, että esimerkiksi palkkiin tarvitaan reikä uudelle ilmastointiputkelle.

Inventointimallin avulla saadaan projektin alkuvaiheessa mitta- ja määräalätietoa kustannuslaskentaan. Laskenta nopeutuu ja sitä voidaan pitää luotettavampana kuin 2d-piirustuksista tehtyihin laskelmiin verrattuna. Vanhoista rakennuksista oleva tieto on usein hajallaan useilla eri toimijoilla. Tietomallin avulla kohteen tiedot saadaan kerättyä yhteen paikkaan, mistä eri osapuolet voivat tarkastella niitä.

Korjaushankkeen alkuvaiheessa on tärkeää määritellä tietomallin sisältö ja siitä haluttu hyödyt. Tämän avulla tietomallin sisältöä ja tarkkuutta voidaan kohdentaa haluttuun ja tarvittavaan suuntaan. Eli onko esimerkiksi tarvetta hankkia tietoa ja mallintaa purettavia rakenneosia. Toisaalta jos esimerkiksi aiotaan uusia talotekniikka ja viedä ilmastointiputkia välipohjissa, on syytä tutkia ja mallintaa välipohjarakenteet tarkasti.

7.1.Yleisen tietomallivaatimukset

Senaatti-kiinteistöjen julkaisemat ohjeet inventointimallin luomiseen ovat tässä vaiheessa vielä hyvin yleisellä tasolla. Ohjeessa määritetään lähinnä vain rakenneosat, jotka tulee mallintaa. Ennen mallinnukseen ryhtymistä onkin tärkeä luoda kohdekohtaiset yhteiset ”pelisäännöt” mallinnukselle. Tämä tarkoittaa esimerkiksi mallissa käytettäviä korkoja, rakenteiden nimeämistä, rakenteiden tietosisältöä jne. Usein myös mallinnusohjelmien yhteensopivuus ja mallin siirto eri osapuolien välillä kannattaa varmistaa etukäteen. Tämä onnistuu esimerkiksi mallintamalla piharakennus tai tietty tila rakennuksesta ja lähettämällä sen eri osapuolille.

7.2.Laserkeilauksen hyödynnettävyys

Pistepilviaineiston hyödynnettävyys nykyohjelmistoilla on melko hyvä. Pistepilviaineisto saadaan vietyä mallinnusohjelmaan melko vaivattomasti. Revit architecturen pistepilvimoottori jaksaa pyörittää nykykoneilla noin 10–15 skannausaseman pistepilveä auki yhtä aikaa siten, että mallinnusta voidaan suorittaa vielä melko nopeasti. Revitissä on mahdollisuus piilottaa tarpeettomat pistepilvet pois tietyn tilan mallinnuksen ajaksi. Tämän toiminnon avulla koko kohteen pistepilvet voidaan tuoda kerralla projektiin ja piilottaa tarpeettomat. Pistepilveä joutuu harventamaan, kun se viedään Revittiin, mutta sen mittatarkkuus on riittävä tehtäessä inventointimallia. Mallinnuksen apuna on hyvä käyttää pistepilven tarkasteluohjelmaa. Tarkasteluohjelmasta voidaan ottaa mittoja pistepilvestä ja varmistaa, että malli on mittatarkka.

Pistepilvestä saadaan suoraan seinien ja välipohjien mittoja, kun ne ovat skannattu molemmista suunnista. Lisäksi pistepilvestä voidaan ottaa erilaisia leikkauksia rakenteiden korkojen ja paksuuksien määrittelyä varten. Tällaisia leikkauksia voidaan hyödyntää esimerkiksi silloin, kun kohteesta tarvitaan vain 2d-piirustuksia.

Lähteet

Freese, S., Penttilä, H & Rajala, M. 2007. Arvorakennusten korjaushankkeet ja tuotemallintaminen. Viitattu 28.12.2013. http://arkit.tkk.fi/senaatti/images/Arvorakennusten_korjaushankkeet_ja_tuotemallintaminen.pdf

Geotrim, 2012. Verkkisivut. Viitattu 13.1.2014
<http://www.geotrim.fi/wp-content/uploads/2012/10/TX5.jpg>

Haavisto, I. 2013. Tietomallintaminen korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa. Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö. Viitattu 29.12.2013.
<http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/21576/haavisto.pdf?sequence=1>

Kari V. 2011. Laserkeilaus ja pistepilven käsittely ydinvoimarakentamisessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.1.2014. http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26876/Kari_Veera.pdf?sequence=1

Penttilä H., Nissinen S. & Niemioja, s, 2006. Tietomallintaminen rakennushankkeissa. Rakennustieto. Tammer-paino Oy.

Rönholm P., Haggrén H. 2004. Optinen 3-D mittaus ja laserkeilaus. Opetusmateriaali. Viitattu 13.1.2014.
http://foto.hut.fi/opetus/301/luennot/10/10_pr2004.html

Vahur J. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Viitattu 13.1.2014. <http://docs.google.com/viewer?a=v&pid=explorer&chrome=true&srcid=0B3MfAg-wXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGM5LTlkOWUt-NTQzMDIwZTI3NDVm&hl=en&pli=1>

Vainio, T., Jaakkonen, L., Nippala, E. & Lehtinen E. 2002. Korjausrakentaminen 2000–2010, VTT. Viitattu 29.12.2013. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2154.pdf>

YTV 2012b. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 11. Viitattu 29.12.2013. http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf

YTV 2012a. Lähtötilanteen mallinnus. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 2. Viitattu 29.12.2013. http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf

YTV 2012c. Yleinen osuus. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Viitattu 29.12.2013. http://files.kotisivukone.com/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf